

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-225122

(43)Date of publication of application : 21.08.1998

(51)Int.Cl.

H02M 3/28  
G05F 5/00  
H02M 3/335  
H02M 7/48

(21)Application number : 09-025661

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 07.02.1997

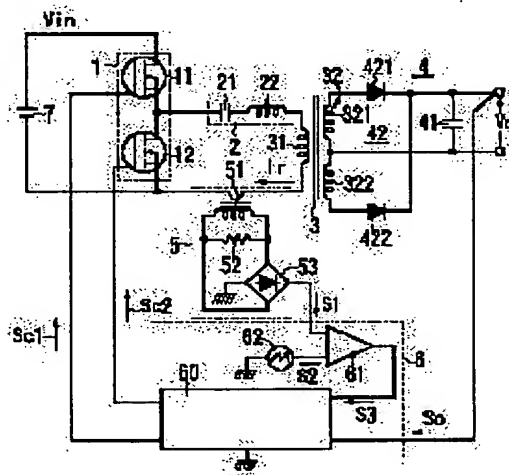
(72)Inventor : SHIMIZU KATSUHIKO  
HATTA SHOJI

## (54) SWITCHING POWER SUPPLY

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a resonance switching power supply which works at an operating frequency higher than a resonance one and wherein the lower limit value of the operating frequency needs not be set in advance.

**SOLUTION:** A resonance capacitor 21, a resonance inductance 22, and a primary winding 31 of a transformer 3 are connected in series and this series circuit is connected between a connection between switching devices 11 and 12 and one terminal of a power supply 7. A resonance current detecting circuit 5 detects resonance current  $I_r$  in a resonance circuit 2. A control section 6 allows the switching devices 11, 12 to operate at a higher frequency region than the resonance frequency  $f_0$  of the resonance circuit 2 and turns them off based on a detection signal  $S_3$  supplied from the resonance current detecting circuit 5 before the resonance current  $I_r$  becomes zero.



BEST AVAILABLE COPY

## 書誌

(19)【発行国】日本国特許庁(JP)  
(12)【公報種別】公開特許公報(A)  
(11)【公開番号】特開平10-225122  
(43)【公開日】平成10年(1998)8月21日  
(54)【発明の名称】スイッチング電源  
(51)【国際特許分類第6版】

H02M 3/28  
G05F 5/00  
H02M 3/335  
7/48

## 【FI】

H02M 3/28 Q  
G05F 5/00 A  
H02M 3/335 F  
7/48 P

【審査請求】未請求

【請求項の数】4

【出願形態】OL

【全頁数】6

(21)【出願番号】特願平9-25661

(22)【出願日】平成9年(1997)2月7日

(71)【出願人】

【識別番号】000003067

【氏名又は名称】ティーディーケイ株式会社

【住所又は居所】東京都中央区日本橋1丁目13番1号

(72)【発明者】

【氏名】清水 克彦

【住所又は居所】東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(72)【発明者】

【氏名】八田 昌治

【住所又は居所】東京都中央区日本橋1丁目13番1号 ティーディーケイ株式会社内

(74)【代理人】

【弁理士】

【氏名又は名称】阿部 美次郎

## 要約

(57)【要約】

【課題】動作周波数が共振周波数より高い周波数で運転する共振型スイッチング電源において、動作周波数の下限値を、予め設定する必要のないスイッチング電源を提供する。

【解決手段】共振用コンデンサ21、共振用インダクタ22及びトランス3の一次巻線31は直列に接続され、直列回路の両端がスイッチング素子11、12の接続点と、電源7の一端との間に接続されている。共振電流検出回路5は共振回路2を流れる共振電流 $I_r$ を検出する。制御部6は、スイッチング素子11、12を、共振回路2の共振周波数 $f_0$ よりも高い周波数領域で動作させると共に、共振電流検出回路5から供給される検出信号S3に基づいて、共振電流 $I_r$ がゼロになる前にスイッチング素子11、1



## 【0002】

【従来の技術】共振型スイッチング電源は、高効率、低雑音が達成できる可能性があるスイッチング電源として、注目されている。共振型スイッチング電源は、直流電源をスイッチング回路によりスイッチングし、スイッチング出力を共振回路で共振させ、共振出力を、トランスの巻線を介して取り出し、直流に変換して出力する。

【0003】スイッチング電源のスイッチング動作は、制御部から供給される制御信号によって制御される。一般には、共振回路の共振周波数より高い周波数領域に設定された周波数領域で制御されるものと、共振周波数より低い周波数領域に設定された周波数領域で制御されるものとがある。本発明に係るスイッチング電源は、前者の範疇に入る。

【0004】動作周波数が共振周波数より高い周波数で運転する共振型スイッチング電源においては、負荷が増加し、出力電圧が低下した場合には動作周波数を低くし、負荷が軽くなったり出力電圧が高くなった場合には、動作周波数を高くすることにより、出力電圧を安定化する。

【0005】しかし、動作周波数が共振周波数よりも低くなった場合、出力電圧を上昇させるために周波数を低下させると出力電圧がさらに低下し、制御不能となる問題がある。そこで従来は、動作周波数の範囲が共振周波数を下回らないように発振周波数の下限をあらかじめ決めておき、その値は、固定であった。

【0006】しかしながら、素子のばらつきや経時変化等により、条件が変化するので、下限周波数固定では制御範囲が狭くなるという欠点を生じる。この問題を解決する手段として、例えば、特開平1-264564号公報は、帰還用ダイオードに電流が流れたことを検出することにより、動作周波数が共振周波数よりも低くなったことを検知する技術を開示している。しかしながら、帰還用ダイオードに電流が流れたことを検出する上記先行技術の場合、共振電流がゼロになったことを検出するのと等価であり、ZVS(ゼロボルトスイッチング)動作には適していない。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明の主な課題は、動作周波数が共振周波数より高い周波数で運転する共振型スイッチング電源において、動作周波数の下限値を、あらかじめ設定する必要のないスイッチング電源を提供することである。

【0008】本発明のもう一つの課題は、動作周波数が共振周波数より高い周波数で運転する共振型スイッチング電源において、素子のばらつきや経時変化等による条件に関わらず、安定した動作の可能なスイッチング電源を提供することである。

【0009】本発明のもう一つの課題は、動作周波数が共振周波数より高い周波数で運転する共振型スイッチング電源において、共振電流をゼロにすることなく、安定した動作の可能なスイッチング電源を提供することである。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するため、本発明に係るスイッチング電源は、2つのスイッチング素子と、共振回路と、共振電流検出回路と、制御部とを有する。前記2つのスイッチング素子は、直列に接続され、直列回路の両端が直流電源に導かれ、交互に駆動される。前記トランスは、少なくとも、一次巻線と、二次巻線とを含む。前記共振回路は、共振用コンデンサと、共振用インダクタとを有する。

【0011】前記共振用コンデンサ、前記共振用インダクタ及び前記トランスの前記一次巻線は直列に接続され、直列回路の両端が前記2つのスイッチング素子の接続点と、前記2つのスイッチング素子によって構成される前記直列回路の一端との間に接続されている。

【0012】前記出力整流平滑回路は、前記トランスの前記二次巻線に接続されている。

【0013】前記共振電流検出回路は、前記共振回路を流れる共振電流を検出する。

【0014】前記制御部は、前記スイッチング回路に制御信号を与え、スイッチング回路を、前記共振回路の共振周波数よりも高い周波数領域で動作させ、前記共振電流検出回路から供給される検出信号に基づいて、前記共振電流がゼロになる前に、前記スイッチング素子をオフにする。

【0015】本発明に係るスイッチング電源において、直列に接続された2つのスイッチング素子を交互に動作させることにより、入力された直流電源をスイッチングし、そのスイッチング出力を共振回路及びトランスの一次巻線に供給する。

【0016】2つのスイッチング素子の接続点と、2つのスイッチング素子によって構成される直列回路の

一端との間には、共振回路を構成する共振用コンデンサ及び共振用インダクタと、トランスの一次巻線を直列に接続した直列回路の両端が接続されているから、2つのスイッチング素子の交互動作により、共振回路及びトランスの一次巻線に、共振回路の共振周波数に対応した疑似正弦波電流が流れる。このとき、一次巻線と結合する二次巻線に誘起電圧が発生する。この誘起電圧はトランスの二次巻線に接続された出力整流平滑回路により直流に変換され、出力される。

【0017】制御部は、定常時は、スイッチング素子に制御信号を与え、スイッチング素子を、共振回路の共振周波数よりも高い周波数領域で動作させる。このスイッチング制御方式は、負荷が増加し、出力電圧が低下した場合には動作周波数を低くして出力電圧を安定化し、負荷が軽くなったり出力電圧が高くなった場合には、動作周波数を高くし、出力電圧を安定化する制御方式である。

【0018】動作周波数が共振周波数より高い周波数で運転する共振型スイッチング電源では、既に述べたように、動作周波数が共振周波数よりも低くなった場合、出力電圧がさらに低下し、制御不能となる問題がある。この問題を解決するための手段として、本発明においては、共振電流検出回路から供給される検出信号に基づいて、共振電流がゼロになる前に、スイッチング素子をオフにする。従って、動作周波数が共振周波数よりも低くなることがない。

【0019】しかも、共振電流検出回路から供給される検出信号に基づいて、スイッチング素子を自動的に制御するので、動作周波数の下限値を、あらかじめ設定する必要がない。

【0020】更に、共振回路を構成する素子の定数値が変化しても、適正な動作周波数に自動的に制限できる。このため、素子のばらつきや経時変化等による条件に関わらず、安定した動作を確保することができる。

【0021】この結果、素子の動作周波数が共振周波数より低くなり、制御不能に陥ったり、ZVSができなくなったり、スイッチング損失やノイズの増大といった不具合が発生しなくなる。

【0022】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係るスイッチング電源の電気回路図である。図示するように、本発明に係るスイッチング電源は、スイッチング回路1と、共振回路2と、トランス3と、出力整流平滑回路4と、共振電流検出回路5と、制御部6とを有する。

【0023】スイッチング回路1は、入力された直流電源 $V_{in}$ をスイッチングする。スイッチング回路1は、第1のスイッチング素子11及び第2のスイッチング素子12を有する。第1のスイッチング素子11及び第2のスイッチング素子12は、FET等であり、その主回路が互いに直列に接続され、その両端が直流電源装置7に接続されている。直流電源装置7は、通常は、交流電源を直流に変換する整流平滑回路として構成される。直流電源装置7はスイッチング電源装置の一部として備えられていてもよいし、外部要素であってもよい。

【0024】トランス3は、少なくとも、一次巻線31と、二次巻線32とを含んでいる。実施例は、出力整流平滑回路4を両波整流回路方式とした場合に適した二次巻線構造を示し、二次巻線32は、第1の巻線321と、第2の巻線322の二つの巻線を備え、第1の巻線321及び第2の巻線322は、それぞれ的一端が互いに接続されている。

【0025】共振回路2は、共振用コンデンサ21と、共振用インダクタ22とを有する。共振用コンデンサ21及び共振用インダクタ22は、スイッチング回路1とトランス3の一次巻線31を含む回路ループ内に接続されている。実施例では、共振用コンデンサ21は、トランス3の一次巻線31の一端と、第1のスイッチング素子11及び第2のスイッチング素子12の接続点との間に接続され、共振用インダクタ22は、トランス3の一次巻線31の他端と第2のスイッチング素子12の主電極との間に接続されている。従って、共振回路2は共振用コンデンサ21及び共振用インダクタ22による直列共振回路を構成している。

【0026】出力整流平滑回路4は、トランス3の二次巻線32に接続され、二次巻線32に生じる誘起電圧を直流に変換して出力する。図示された出力整流平滑回路4は、出力平滑コンデンサ41を有するコンデンサインプット型であるが、出力チョークコイルを備えたチョークインプット型であってもよい。整流回路42は第1のダイオード421と、第2のダイオード422とを有する。第1のダイオード421のアノードは第1の巻線321の他端に接続され、第2のダイオード422のアノードは第2の巻線の他端に接続されている。第1のダイオード421及び第2のダイオード422のカソードは互いに接続され、出力平滑コンデンサ41の一端に接続されている。

【0027】共振電流検出回路5は、共振回路22を流れる共振電流 $I_r$ を検出する。具体的な回路構成と

して、共振電流検出回路5は、カレントトランス51を共振回路2と直列に接続し、共振電流 $I_r$ を検出し、抵抗52を接続した2次巻線側において電圧信号に変換する。得られた電圧信号を全波整流回路53のよって全波整流し、その整流電圧を検出信号S1として出力する。

【0028】制御部6は、出力整流平滑回路44から出力される出力電圧 $V_o$ が一定となるようにスイッチング回路1を制御する。制御部6は、また、2つのスイッチング素子11、12に制御信号 $S_o$ を与え、スイッチング素子11、12を、共振回路2の共振周波数 $f_o$ よりも高い周波数領域で動作させる(図2参照)。この制御動作は制御部6の主構成要素である制御回路60によって実行される。制御回路6は、例えば、電圧によって周波数が制御される電圧制御発振器(VCO)によって構成される。

【0029】制御部6は、また、共振電流検出回路5から供給される検出信号S1に基づいて、共振電流 $I_r$ がゼロになる前に、スイッチング素子11、12をオフにする。

【0030】上述した制御動作は制御部6の主構成要素である制御回路60によって実行される。制御回路60の具体例は、電圧によって周波数が制御される電圧制御発振器(VCO)である。

【0031】本発明に係るスイッチング電源において、直列に接続された2つのスイッチング素子11、12を交互に動作させることにより、入力された直流電源 $V_{in}$ をスイッチングし、そのスイッチング出力を共振回路2及びトランス3の一次巻線31に供給する。

【0032】2つのスイッチング素子11、12の接続点と、2つのスイッチング素子11、12によって構成される直列回路の一端との間には、共振回路2を構成する共振用コンデンサ21及び共振用インダクタ22と、トランス3の一次巻線31とを直列に接続した直列回路の両端が接続されているから、2つのスイッチング素子11、12の交互動作により、共振回路2及びトランス3の一次巻線31に、共振回路2の共振周波数 $f_o$ に対応した疑似正弦波電流が流れる。このとき、一次巻線31と結合する二次巻線32に誘起電圧が発生する。この誘起電圧はトランス3の二次巻線32に接続された出力整流平滑回路4により直流に変換され、出力される。

【0033】図2は上述したスイッチング電源の制御部6の基本的な動作特性を示す図である。制御部6は、定常時は、スイッチング素子11、12に制御信号 $S_{c1}$ 、 $S_{c2}$ を与え、スイッチング素子11、12を、共振回路2の共振周波数 $f_o$ よりも高い周波数領域で動作させる。

【0034】負荷が増加し、出力電圧 $V_o$ が低下した場合には、図3に示すように、動作周波数 $f$ を、周波数 $f_1$ からそれより低い周波数 $f_2$ に変更し、出力電圧 $V_o$ を上昇させる方向に制御し、出力電圧 $V_o$ を安定化する。負荷が軽くなったり、あるいは出力電圧 $V_o$ が高くなった場合には、動作周波数 $f$ を、周波数 $f_2$ からそれより周波数の高い周波数 $f_1$ に変更し、出力電圧 $V_o$ を安定化する。

【0035】上記制御方式のスイッチング電源では、既に述べたように、動作周波数 $f$ が共振周波数 $f_o$ よりも低くなった場合、出力電圧を上昇させるために周波数を低下させると出力電圧 $V_o$ がさらに低下し、制御不能となる。制御不能を引き起こす臨界点は、動作周波数 $f$ が共振周波数 $f_o$ と一致し、共振電流 $I_r=0$ となる点(図3参照)である。

【0036】そこで、本発明においては、共振電流検出回路5から供給される検出信号S1に基づいて、共振電流 $I_r$ がゼロになる前に、スイッチング素子11、12をオフにする。従って、動作周波数 $f$ が共振周波数 $f_o$ よりも低くなることはない。

【0037】しかも、共振電流検出回路5から供給される検出信号S1に基づいて、スイッチング素子11、12を自動的に制御するので、動作周波数 $f$ の下限値を、予め設定する必要がない。

【0038】更に、共振回路2を構成するコンデンサ21、インダクタ22等の素子の定数値が変化しても、適正な動作周波数 $f$ に自動的に制限できる。このため、素子のばらつきや、経時変化等による条件に関わらず、安定した動作の可能なスイッチング電源を得ることができる。

【0039】具体的な回路構成として、共振電流検出回路5は、カレントトランス51を共振回路2と直列に接続し、共振電流 $I_r$ を検出し、電圧信号に変換する。得られた電圧信号を全波整流し、動作状態を検出する検出信号S1として出力する。

【0040】制御部6は、比較回路61を含む。比較回路61は、共振電流検出回路5から供給された検出信号S1を、制御信号 $S_{c1}$ 、 $S_{c2}$ に同期した波形信号S2と比較し、検出信号S1の値が波形信号S2のピーク値よりも低下しようとしたときに、スイッチング素子11、12をオフ動作させる信号S3を生成する。

【0041】比較回路61を用いた場合、制御部6は、更に、波形信号生成回路62を含む。波形信号生成回路62は、制御信号 $S_{c1}$ 、 $S_{c2}$ に同期した電圧波形信号を生成し、比較回路61に供給する。波形

信号生成回路62の好ましい具体例は鋸歯状波生成回路である。図示された波形信号生成回路62は、制御回路60から独立した状態で示されているが、制御回路60は、通常、鋸歯状波発振回路を有し、この発振回路を利用して制御信号Sc1、Sc2を生成している。従って、制御回路60に備えられた鋸歯状波発振器を、波形信号生成回路62として用いることが、回路構成の簡素化、及び、同期化の上から、合理的であり、好ましいことである。

【0042】上記実施例において、比較回路61は、検出信号S1と、鋸歯状波信号S2とを比較し、検出信号S1が鋸歯状波信号S2を下回った場合、スイッチング素子11、12をオフにさせる信号S3を、制御回路60に供給する。制御回路60は、信号S3が供給された場合、制御信号Sc1、Sc2による制御動作に優先して、スイッチング素子11、12をオフにさせる。

【0043】鋸歯状波のスロープを適当に選べば、ZVSに必要な共振電流Irが流れている状態で、スイッチング素子11、12をオフさせることができる。これにより、共振回路2の素子の値が変化しても適正な動作周波数fに制限できるので、動作周波数fが共振周波数foより低くなり、制御不能に陥ったり、ZVSができなくなったり、スイッチング損失やノイズの増大といった不具合が発生しなくなる。

【0044】図4に図1に示された具体的回路の定常時の動作波形を示す。スイッチング素子11、12は、制御回路60から供給される制御信号Sc1、Sc2(図4(A)参照)によって、あるデッドタイムTdiを持って、交互にオン、オフするように駆動される(図4(B)、(C)参照)。

【0045】スイッチング素子11、12のスイッチング動作によって、共振回路2には図4(D)のような共振電流Irが流れる。この共振電流Irをカレントトランス51によって電圧信号として検出し、得られた電圧信号を整流回路53によって全波整流する。これにより、図4(E)のような検出信号S1が得られる。検出信号S1は比較回路61に供給される。

【0046】一方、波形信号生成回路62において、制御信号Sc1、Sc2に同期した鋸歯状波形信号S2(図4(F)参照)を生成する。この鋸歯状波形信号S2は比較回路61に供給され、検出信号S1と比較される。動作周波数fが共振周波数foよりも高い定常動作状態では、スイッチング素子11(または12)がオンとなるタイミングでは、検出信号S1の電圧値Ed(図4(E)参照)が鋸歯状波信号S2の値Erよりも高くなっており、それによって、上述した安定化制御が行なわれる。

【0047】次に、負荷が増加し、出力電圧Voが低下したため、それに対応して、動作周波数fが低くなり、共振周波数foに近づいた場合について、図5を参照して説明する。この場合は、スイッチング素子11(または12)がオンとなるタイミングにおける検出信号S1の電圧値Edは、動作周波数fが共振周波数foに近づくほど、低くなる(図5(E)参照)。そして、動作周波数fが共振周波数foに近づいたとき、検出信号S1の電圧値Edが鋸歯状波信号S2の値Erを下回るようになり、比較回路61から信号S3が出力される。制御回路60は、比較回路61から信号S3が供給されたとき、スイッチング素子11、12をオフにする。検出信号S1の電圧値Edが鋸歯状波信号S2の値Erを下回るタイミングは、回路設計によって任意に設定できる。重要なことは、共振電流Irがゼロになる前に、スイッチング素子11、12をオフにするような回路設計を行なうことである。

【0048】以上、実施例を参照して、本発明の内容を具体的に説明したが、当業者であれば、発明の基本的技術思想及び教示に基づいて、種々の変形を行なうことができることは自明である。

【0049】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、次のような効果を得ることができる。

- (a) 動作周波数が共振周波数より高い周波数で運転する共振型スイッチング電源において、動作周波数の下限値を、あらかじめ設定する必要の無い、スイッチング電源を提供することができる。
- (b) 動作周波数が共振周波数より高い周波数で運転する共振型スイッチング電源において、素子のばらつきや経時変化等による条件に関わらず、安定した動作の可能なスイッチング電源を提供することができる。
- (c) 動作周波数が共振周波数より高い周波数で運転する共振型スイッチング電源において、共振電流をゼロにすることなく、安定した動作の可能なスイッチング電源を提供することができる。

## 図の説明

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るスイッチング電源の電気回路図である。



【図2】本発明に係るスイッチング電源の基本動作を説明する図である。

【図3】本発明に係るスイッチング電源の制御動作を説明する図である。

【図4】図1に示した実施例の定常動作を示すタイムチャートである。

【図5】図1に示した実施例において、動作周波数 $f$ が共振周波数 $f_0$ に近づいた場合の動作を示すタイムチャートである。

【符号の説明】

11 スwitchング素子

12 スwitchング素子

2 共振回路

21 共振用コンデンサ

22 共振用インダクタ

3 トランス

31 一次巻線

32 二次巻線

4 出力整流平滑回路

5 共振電流検出回路

6 制御部

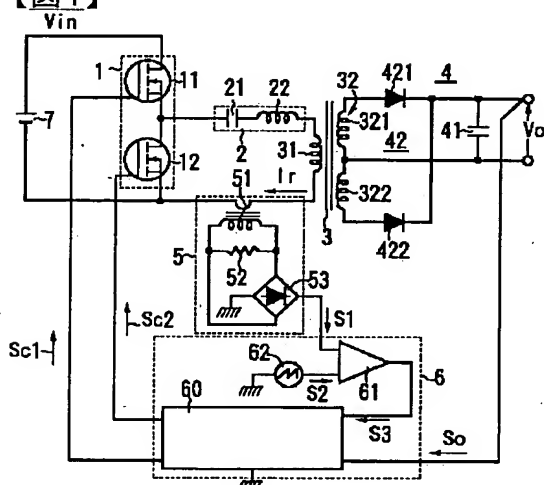
60 制御回路

61 比較回路

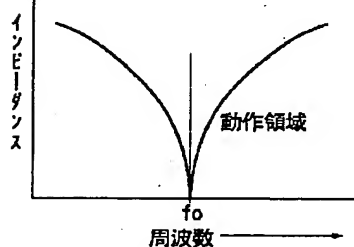
62 波形信号生成回路

## 図面

【図1】

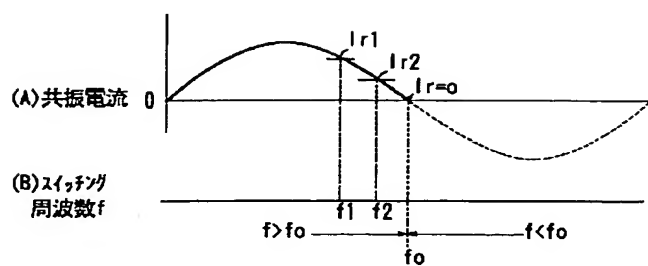


【図2】

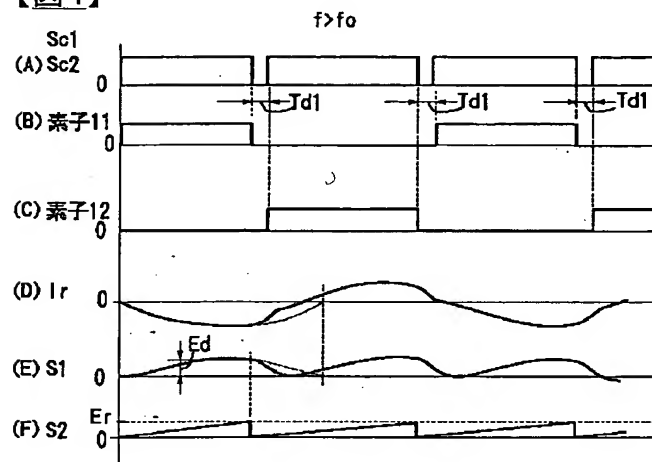


【図3】





【図4】



【図5】

